

УДК 504.54.05+504.54.062+551.43

## ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОГО РИСКА ДЛЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ СРЕДСТВАМИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

*О.П. Ермолаев, К.А. Мальцев*

### Аннотация

В статье излагается методика оценки эрозионного риска почвенного покрова в условиях равнинных ландшафтов умеренного пояса на базе широкого использования современных информационных технологий. На количественном уровне с высокой степенью пространственной дифференциации решены задачи по определению смыва почв в различных участках склонов под действием талого и ливневого поверхностного стока.

**Ключевые слова:** почвенная эрозия, ГИС-технологии, допустимый смыв.

---

### 1. Постановка задачи

Подзоны смешанных и широколиственных лесов, а также типичные лесостепные равнинные ландшафты востока Русской равнины (в пределах Среднего Поволжья) в своем составе имеют широкое развитие плодородных серых лесных и черноземных почв. Этот фактор во многом исторически обусловил высокую земледельческую освоенность региона. Бассейны многих малых рек распаханы более чем на 70–80%. Пашнями заняты все более или менее удобные участки. Длительное и интенсивное сельскохозяйственное воздействие привело к значительной по интенсивности и площадному охвату почвенной эрозии природно-антропогенного характера, когда смыв превышает допустимые потери почвы. Однако региональные количественные оценки почвенного смыва, имеющего большую пространственную изменчивость, носят весьма неполный и противоречивый характер. Наиболее известные материалы по почвенной эрозии проведены ВолгоНИИгипроземом при создании генсхемы противоэрозионных мероприятий. Однако они были завершены почти тридцать лет тому назад и, естественно, требуют существенной корректировки. К тому же в этих материалах почвенный смыв оценивался по известной «Общесоюзной инструкции...» 1973 г. [1]. Эрозия почв идентифицировалась по категориям смывости, а величины потерь почвы (в т/га, мм и т. д.) не определялись. В настоящее время по ряду территорий в рамках хозяйств (на локальном уровне) проведена корректировка почвенных карт, но снова по той же методике.

Между тем для эколого-экономических оценок почвы как ресурса, а также территориального планирования противоэрозионных мероприятий требуются количественные данные о смыве. В этой связи нами была поставлена задача по количественному определению смыва почв, причем не в локальных пунктах, а по всей территории крупного региона. В качестве такого модельного региона

выбрана территория Республики Татарстан (РТ). Здесь проходит стык лесной и лесостепной ландшафтной зоны (так называемый бореальный экотон), чрезвычайно высокая и продолжительная по времени земледельческая освоенность. Выбор региона обуславливался также наличием качественных, отвечающих принципу сомасштабности, материалов почвенной и ландшафтной съемки этой территории, а также сведений о природно-антропогенных условиях и факторах развития эрозии, цифровой картографической основы. Вся работа проведена на региональном уровне генерализации (1:200 000).

В качестве метода были взяты современные расчетные модели смыва и ГИС-технологии. За основу количественного определения смыва почвы положены разработки сотрудников лаборатории почв и русловых процессов МГУ [2, 3]. Для всей территории Татарстана рассчитывался потенциальный смыв почвы от стока талых и ливневых вод, годовой смыв почв для условий черного пара, а также смыв с учетом почвозащитного коэффициента агроценозов. Произведены расчеты по определению допустимых потерь почвы от эрозии. Оценена роль существующего растительного покрова (лесов) как мощного противоэрозионного фактора.

## 2. Методика

На первом этапе произведен расчет потенциального смыва почв для условий черного пара.

Оценка потенциального *ливневого смыва* почв проводилась по зависимости, имеющей следующий вид:

$$C_d = D \cdot P \cdot R \cdot K_T, \quad (1)$$

где  $C_d$  - модуль смыва от стока дождевых вод, т/га,  $D$  - эрозионный потенциал дождевых осадков,  $P$  - смываемость почв, т/га на единицу эрозионного потенциала осадков,  $R$  - эрозионный потенциал рельефа,  $K_T$  - почвозащитный коэффициент растительного покрова и агротехники (на этом этапе он не учитывался).

Значения эрозионного потенциала дождевых осадков максимальной 30-минутной интенсивности заимствованы из опубликованной карты [4], переведенной для исследуемого региона в электронный векторный формат. Смываемость (то есть количество почвы, смываемой с эталонного участка черного пара при выпадении дождя с эрозионным потенциалом, равным единице) определялась на основе карты подтипов почв РТ в векторном формате. В качестве исходных данных необходимы были материалы о содержании гумуса, фракций песка, мелкого песка и пыли. Содержание гумуса и гранулометрический состав почв были взяты из фондовых материалов ВолгоНИИГипрозем и литературных источников с их жесткой привязкой к региону исследований [5–11]. Примеры полученных величин смываемости почв РТ представлены в табл. 1.

Расчет эрозионного потенциала рельефа в зависимости от используемой методики смыва может быть разным, однако все исследователи сходятся во мнении, что это функция от крутизны и длины склонов. Некоторые модели учитывают форму и экспозицию склонов, однако эти модели не до конца методически проработаны. Расчет проводился нами по зависимости, предложенной НИЛЭПиРП [2]:

Табл. 1

Смываемость некоторых типов почв РТ

Почва*	Механический	Эродирован-	Содержание	Смываемость,
Д <sub>п</sub>	г/тс	1	2.5	3.75
Д <sub>п</sub>	г/тс	2	2.19	3.90
Д <sub>п</sub>	г/тс	3	1.25	4.30
Л <sub>1</sub>	сс	0	2.7	3.37
Л <sub>1</sub>	сс	1	2.2	2.50
Л <sub>1</sub>	сс	2	1.8	2.62
Л <sub>1</sub>	сс	3	1.08	2.90
Л <sub>2</sub>	лс	0	3.1	1.70
Л <sub>2</sub>	лс	1	2.6	1.80
Л <sub>2</sub>	лс	2	2.34	1.90
Л <sub>3</sub>	г/тс	0	5.9	2.00
Л <sub>3</sub>	г/тс	1	4.7	2.37
Л <sub>3</sub>	г/тс	2	4.1	2.75
Л <sub>3</sub>	г/тс	3	2.36	3.55
Ч <sub>в</sub>	г/тс	0	7.7	1.25
Ч <sub>в</sub>	г/тс	1	6.16	1.80
Ч <sub>в</sub>	г/тс	2	5.39	2.25
Ч <sub>в</sub>	г/тс	3	3.08	3.39
Ч	г/тс	0	7.7	1.30
Ч	г/тс	1	6.2	1.85

\* Подтипы почв: Д<sub>п</sub> – дерново-подзолистые; Л<sub>1</sub> – светло-серые лесные; Л<sub>2</sub> – серые лесные; Л<sub>3</sub> – темно-серые лесные; Ч<sub>в</sub> – черноземы выщелоченные; Ч<sub>т</sub> – черноземы типичные.

\*\* Гранулометрический состав: г/тс – глинистый и тяжелосуглинистый; сс – среднесуглинистый; лс – легкосуглинистый.

\*\*\* Эродированность почв: 0 – несмытые; 1 – слабо смытые; 2 – средне смытые; 3 – сильно смытые.

$$P = 22 \cdot 1^{-p} L^p \frac{18.62 \sin \left[ \arctg \left( \frac{1}{100} I \right) \right]}{1 + 10^{0.53 - 0.15 L I}} + 0.065, \quad (2)$$

где  $I$  – уклон, %;  $L$  – длина линии тока, м. В свою очередь, параметр  $p$ , входящий в зависимость (2), определялся по формуле:

$$p = 0.2 + 2.067(p_0 - 0.2)L^{-0.15}P^{-0.45}. \quad (3)$$

Здесь  $P$  – эродируемость почвы, т/га; параметр  $p_0$  в (3) на склонах с уклоном  $< 1\%$  принимает значение 0.2, 1–3% – 0.3, 3–5% – 0.4,  $> 5\%$  – 0.5.

Смыв от стока талых вод рассчитывался по эмпирической зависимости:

$$C_T = f(P, h, L, I) K_T, \quad (4)$$

где  $C_T$  – модуль смыва от стока талых вод, т/га в год;  $h$  – средний слой стока за период снеготаяния, мм;  $I$  – уклон склона (тангенс угла наклона);  $K_T$  – коэффициент, учитывающий влияние агрофона;  $P$  – эродируемость почвы.

Расчет потенциальных потерь почвы от стока талых вод был также произведен по методике, предложенной в научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов МГУ [2], которая является модифицированной методикой ГГИ. Поэтому эмпирическое уравнение потерь почвы от стока талых вод, адаптированное для машинных расчетов, имеет следующий вид:

$$C_T = 100L^{-1}B(0.1L)^{[A-Ce^{-0.12}]}, \quad (5)$$

$$B = ph^N, \quad A = S(h+T)^Z, \quad C = Fh^{(R-Me^{-h})},$$

Параметры, входящие в зависимость (5), определяются по формулам:

$$P = e^{2.6904\Pi - 17.2866}, \quad N = 3.1966 - 0.5201\Pi, \quad S = 4.935 - 1.106\Pi^{0.831},$$

$$T = 7.937 - 0.3824\Pi^{2.276}, \quad Z = 0.07846\Pi^{0.976} - 0.3055, \quad F = 56.08\Pi^{1.454},$$

$$R = 6.18\Pi^{-0.046} - 5.774, \quad M = 2477.728(\Pi - 0.456)^{-1.122}, \quad h = HDi^E,$$

где  $H$  – запас воды в снеге, мм;  $i$  – уклон;  $D$  и  $E$  – параметры, зависящие от гранулометрического состава и ландшафтной зоны.

Потенциальный годовой смыв определялся по формуле:

$$C_G = C_L + C_T. \quad (6)$$

Поскольку при расчете потенциального смыва необходимы массовые определения показателей рельефа – длин линий тока и уклонов, перед нами встала задача создания цифровой матрицы высот (ЦМВ), адекватно представляющей рельеф территории. Площадь республики свыше 68 тыс. км<sup>2</sup>. При таком пространственном охвате рекомендуемый уровень генерализации должен соответствовать масштабу 1:200 000 при сечении изогипс 20 м. Задача по созданию цифровой матрицы высот решалась по векторной гипсометрической карте указанного масштаба при помощи метода кубических парабол, наилучшим образом позволяющего определить длину линий тока [12]. Шаг растровой сетки, ячейки которой выступали в качестве операционно-территориальных единиц (ОТЕ), составил 100 м (или 0.5 мм на карте). В дальнейшем с помощью геоморфометрического анализа (под ним мы понимаем морфометрический анализ рельефа средствами ГИС-технологий) определены значения длин линий тока и уклонов по существующей сетке ОТЕ (их более 13 000 000) для всей территории исследования.

Были составлены карты запасов воды в снеге на начало снеготаяния и коэффициентов талого стока. Вся дальнейшая работа сведена к вычислению средствами ГИС параметров смыва с использованием регулярных сеток и соответствующих тематических «слоев» из геопространственной базы данных. Результаты расчетов представлены в виде аналитических электронных карт потенциального смыва почв (в т/га) для талого, ливневого и годового смыва для условий черного пара. Значения эрозии на этих картах можно интерпретировать как максимально возможные потери почвы от эрозии в результате различных типов поверхностного склонового стока.

Табл. 2

Статистические показатели потенциальных потерь почв от эрозии

Виды смыва	Эрозион- ные поте- ри почвы, т/га в год	Диспер- сия	СКО	Медиа- на	Мини- мум, т/га в год	Макси- мум, т/га в год	99% кван- тиль
1	0.46	2.73	1.65	0.05	0	304	3.90
2	+0.10	0.05	0.23	0.01	-5	+10	1.00
3	5.56	54.70	7.39	3.31	0	258	32.58
4	7.44	65.50	8.09	5.11	0	259	36.44
5	6.13	67.70	8.23	3.53	0	304	36.02
6	4.40	164.00	12.00	4.80	0	6	5.90
7	0.44	22.00	2.70	-0.3	-2	120	10.00

Расшифровка столбца 1:

1. Талый смыв (с учетом лесопокрытых территорий). Запасы воды в снеге за период 1960–1970 гг.
2. Изменение потенциальных потерь почвы от стока талых вод за период 1961–2001 гг.
3. Ливневой смыв (с учетом лесопокрытых территорий).
4. Ливневой смыв (при условии полного сведения лесов).
5. Годовой смыв почвы.
6. Допустимые эрозионные потери.
7. Безвозвратные потери почвы.

### 3. Результаты

При расчете эрозионных потерь почвы необходимо учитывать существующее размещение лесопокрытых территорий, так как под ними смыв практически отсутствует [13]. Поэтому определение потенциального смыва почвы проведено по трем алгоритмам: для экстремального варианта, когда лес полностью сведен, с учетом реального местоположения лесов без прерывания линий тока под ними и для модельной территории с учетом прерывания. Как уже отмечалось, при расчетах бланковались территории с некоторыми подтипами почв, на которых эрозия отсутствует. С использованием ландшафтной карты были также забланкованы участки с пойменными и террасовыми типами местности (за исключением террас крупных и средних рек). Результаты расчетов представлены в табл. 2. Построены также тематические карты.

Анализ результатов расчетов и карты потенциального смыва почв от ливневого стока с учетом реально расположенных лесных участков позволяет заключить, что значения смыва варьируют в очень широких пределах (от 0 до 258 т/га), в среднем по Татарстану этим типом стока смывается 5.6 т/га в год. Смыв до 1 т/га наблюдается почти на 40% всех площадей. Следующий максимум (в 20%) приходится на диапазон 5–10 т/га. Стоит отметить, что 99% всех значений лежит в пределах до 32 т/га, при этом до 50% всех значений лежит в интервале до 5 т/га (рис. 1, 2).

Пространственный анализ свидетельствует о том, что наименьшие значения ливневого смыва приурочены к низменным ландшафтам Западного и Северо-Восточного Закамья и к востоку РТ. Небольшой смыв наблюдается на ландшафтах пологих левых склонов долин Волги, Свияги, Ика, Шешмы, Зая, Кичуя и др. и на водораздельных типах местности.

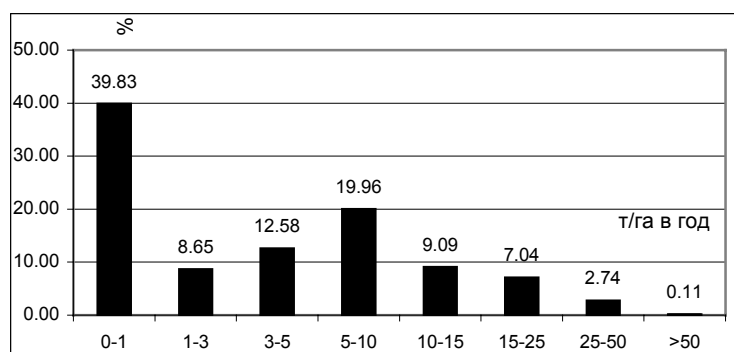


Рис. 1. Потенциальные потери почвы от стока дождевых вод (с учетом лесопокрытых территорий)

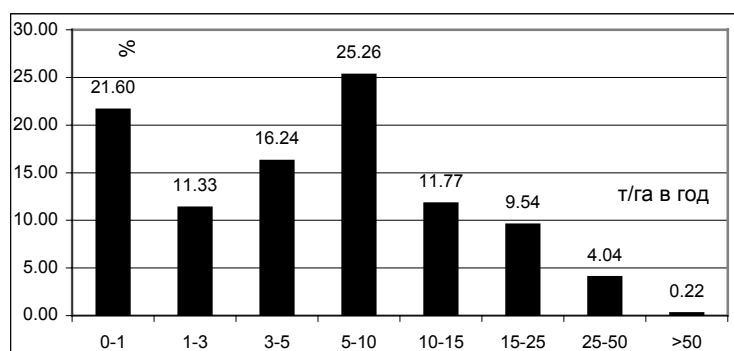


Рис. 2. Потенциальные потери почвы от стока дождевых вод (без лесопокрытых территорий)

Наибольшему смыву подвергаются склоны рек, берущих начало на юго-востоке Татарстана в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, на Волго-Свияжском междуречье, в бассейнах рек Вятка, Тойма, а также правые крутые борта речных долин. Объясняется это в основном высоким показателем эрозионного потенциала рельефа. Так, с увеличением угла наклона от  $1^\circ$  до  $5^\circ$  при одинаковых значениях эрозионного потенциала осадков и однородных почв смыв почв увеличивается в 2–3 раза.

Рассмотрена и количественно оценена также некая гипотетическая ситуация своеобразного экологического риска, при которой все существующие ныне леса будут уничтожены и отведены под пашню. В этом случае ливневая эрозия почв резко увеличивается (рис. 2). Уменьшается доля со слабой эрозией, и, наоборот, в 1.5–2 раза вырастает сильная и очень сильная эрозия. Среднее же значение потерь почвы увеличивается до 7.4 т/га в год, что на 32% больше. Отметим, что площадь лесов в РТ составляет 17%, а прогнозируемый смыв увеличивается на величину, почти вдвое превосходящую среднюю лесистость. Это связано с тем, что леса сохранились в основном на крутых участках склонов.

Следующим шагом было определение потенциальных потерь почвы от *стока талых вод* и оценка динамики эрозионных потерь за период с 1961 по 2001 гг. (рис. 3, 4) Для расчета талого смыва за период 1961–2001 гг. были использованы

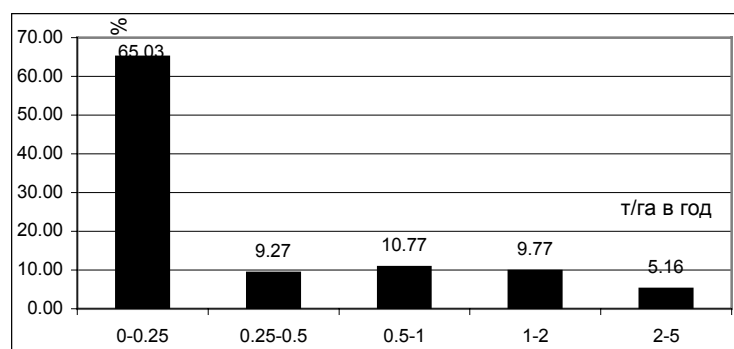


Рис. 3. Потенциальные потери почвы от стока талых вод за 1960-е годы

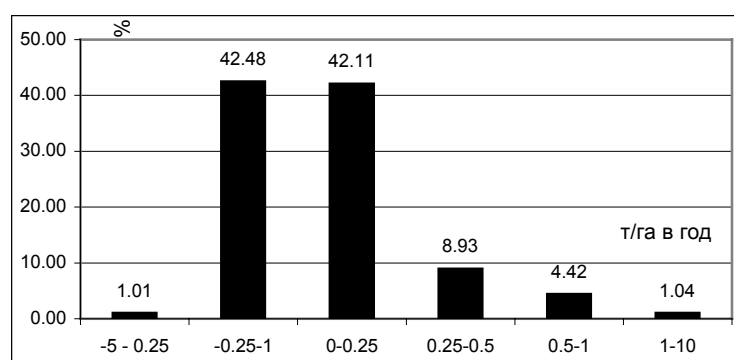


Рис. 4. Потенциальные потери почвы от стока талых вод за период 1961–2001 гг.

материалы многолетних наблюдений за запасами воды в снеге [14]. Для расчетов использованы следующие регулярные сетки: границ ландшафтных зон [15], запасов воды в снеге, гранулометрического состава почв.

По карте потенциальных потерь почвы от стока талых вод, полученной на основе расчетов запасов воды в снеге за 1960-е годы, видно, что смыв почв сильно варьирует (от 0 до 304 т/га), при этом 65% всех значений смыва укладывается в интервал 0–0.25 т/га. Следующий максимум (10.8%) приходится на диапазон 0.5–1.0 т/га (рис. 3). Среднее значение смыва почв от талого стока – 0.46 т/га. Наибольшие значения (более 2 т/га) эрозии от талого стока наблюдаются на правом берегу нижнего течения р. Вятка, на крутых склонах долин рек и балок Волго-Свияжского междуречья. Ничтожные величины талого смыва получены для низменного Западного Закамья, левобережья р. Ик.

Анализ карты потерь почвы от талого стока (рис. 5) свидетельствует о том, что максимальная эрозия почв приурочена к участкам, характеризующимся сочетаниями больших значений запасов воды в снеге (> 100 мм) с наиболее крутыми участками склонов.

Проведена также оценка изменчивости эрозии от талого стока за последние 40 лет (1961–2001 гг.). Полученные расчеты (рис. 4) показали, что в среднем для территории Татарстана произошло увеличение талого смыва почв на 0.1 т/га, или на 22%. При этом пространственная картина этих изменений довольно пестрая:

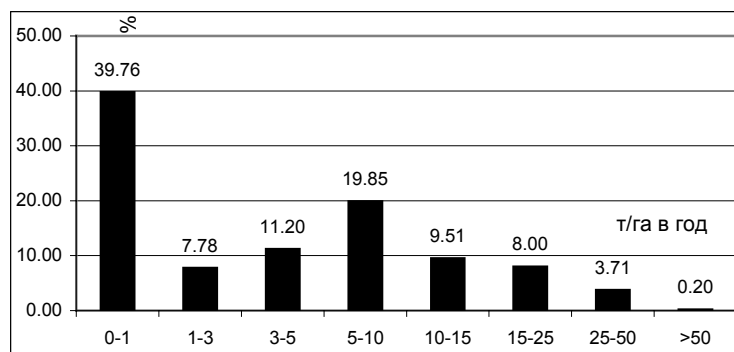


Рис. 5. Потенциальные потери почвы за год

потери почв выросли на 10 т/га в Приказанском регионе и уменьшились на 5 т/га в бассейне реки Шия. В целом для 56% площади РТ наблюдается увеличение талого смыва. В основном это крутые склоны долин нижнего и среднего течения Казанки и Мешы, почти весь регион Предволжья (особенно междуречье Сулицы и Волги). Увеличились потери почв от стока талых вод на большей части территории Восточного Предкамья. Значительное увеличение (на 1 т/га) смыва произошло на склонах долин Кичуя и Степного Зая. Не изменились потери почв в восточной части Западного Предкамья и на северо-востоке Закамья. Однако, к подобным цифрам временной изменчивости талого смыва следует относиться крайне осторожно. Эти расчеты не учитывают целый ряд важных факторов: пространственное перераспределение снежного покрова на водосборе, промерзаемость почвы, определяющую инфильтрацию талой воды, характер снеготаяния и ряд других вопросов.

*Смыв почв за год* определяется как сумма величин смыва от стока дождевых и талых вод. Результирующая карта годового смыва почв (в условиях чистого пара) строилась поэлементным сложением значений в узлах соответствующих регулярных сеток ливневого и талого смыва (при существующих границах лесов). Значения годового смыва колеблются от 0 до 304 т/га в год. Среднее значение потенциальных потерь почвы в РТ за год составляет 6.13 т/га в год. По-прежнему доминируют небольшие значения смыва: до 1 т/га в год (39%). Другой пик значений (около 20%) приурочен к интервалу 5–10 т/га в год (рис. 5).

Наибольший смыв характерен для междуречья Волги и Свияги, верхнего и среднего течения р. Меша, Казанка, для восточного Предкамья, а также приурочен к крутым склонам долин Степного Зая и Кичуя. Наименьший смыв наблюдается в Западном Закамье, на низменных ландшафтах северо-восточного Закамья, в южном Предсвияжье, Кукморском районе, нижнем течении р. Меша и Казанка.

*Оценка допустимого смыва.* Допустимый смыв – это такая интенсивность эрозии почв, которая соизмерима (или равна) с интенсивностью почвообразования.

Используя карту подтипов почв, данные по скорости формирования гумусового горизонта, была построена векторная карта допустимого смыва почв. Для этого значения скорости формирования гумусового горизонта из мм/год были переведены в т/га в год (табл. 3).



Табл. 3

Допустимые потери почвы для РТ (по [13])

Подтип почв	Допустимый смыв, мм/год	Плотность г/см <sup>3</sup>	Допустимый смыв, т/га/год
Дерново-подзолистые	0.30	1.2	3.6
Дерново-карбонатные типичные	0.50	1.2	6.0
Дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные	0.50	1.2	6.0
Светло-серые лесные	0.40	1.2	4.8
Серые лесные	0.4	1.2	4.8
Темно-серые лесные	0.4	1.2	4.8
Черноземы оподзоленные	0.45	1.2	5.4
Черноземы выщелоченные	0.45	1.2	5.4
Черноземы типичные	0.45	1.2	5.4

Затем на электронной почвенной карте масштаба 1:200 000 каждому подтипу почв было присвоено значение допустимого смыва. Карта была экспортирована в обменные форматы системы MapInfo – в файлы формата MIF и MID. С помощью программного обеспечения А.А. Савельева эти файлы были преобразованы в файл формата DAT, а затем в формат GRD, в котором в каждом узле сетки находилось значение допустимого смыва в т/га. Значения допустимых потерь почвы исследуемой территории колеблются от 3.6 до 6.0 т/га в год. На карте наибольшие значения допустимого смыва характерны для территории Закамья, где широко развиты черноземы, а наименьшие – для Предкамья и северного Предволжья с серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами.

*Оценка эрозионного риска.* Как уже отмечалось, потенциальный смыв почв рассчитывается для условий чистого пара. Однако, естественно, эта ситуация далека от реальной. Под паром находится лишь часть пашни, сельскохозяйственные угодья заняты культурными растениями, снижающими деструктивное действие эрозии. Поэтому требуется оценить потери почвы с учетом почвозащитного эффекта агрофона. Около 93% пахотных угодий территории исследований занимают посевы зерновых и кормовых культур [16], для которых почвозащитный коэффициент растительности равен 0.3 [4]. Для получения карты эрозионных потерь почвы с учетом агрофона все значения годового смыва на rasterной сетке были умножены на этот почвозащитный коэффициент. Значения смыва, рассчитанные ранее даже с учетом лесопокрытых территорий, были существенно снижены. Но даже эти данные не могут в полной мере служить основой для определения участков, где необходимо проведение почвозащитных мероприятий. Для определения наиболее рискованных с точки зрения деградации почв от эрозии участков необходимо выяснить, насколько смыв превышает допустимый при существующем на пашне агрофоне. Поэтому на следующем шаге была произведена процедура вычитания двух тематических «слоев»: из слоя значений потенциального годового смыва с учетом агрофона и лесопокрытых территорий вычли значения допустимых потерь почв. Итоговая карта, на наш взгляд, и является картой *эрозионного риска* почв, которая может лечь в основу территориальной схемы противоэрозионных мероприятий.

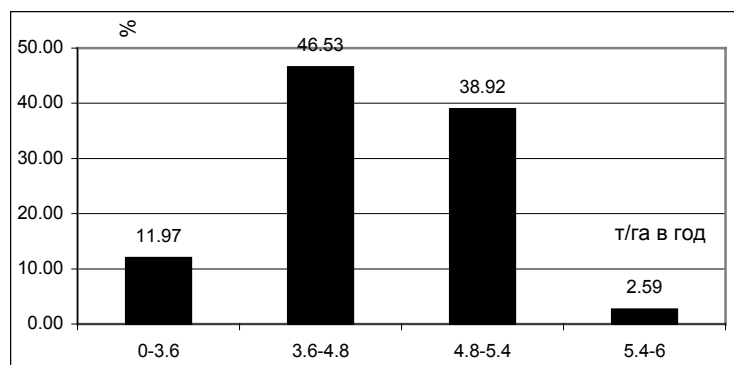


Рис. 6. Допустимые потери почвы

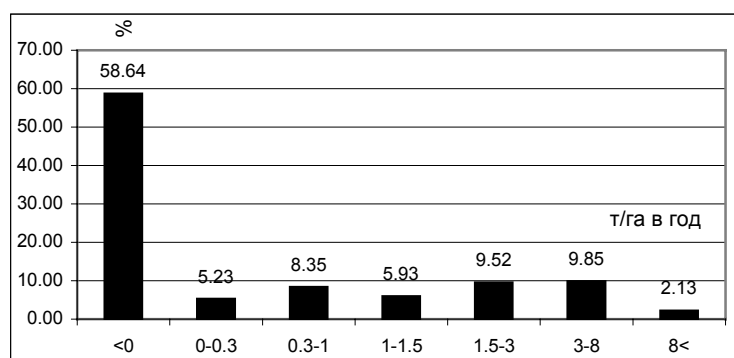


Рис. 7. Потенциальные годовые потери почвы с учетом допустимых потерь почв и агрофона (безвозвратные потери)

Анализ полученных материалов позволяет утверждать, что среднегодовые потенциальные потери почвы с учетом их допустимых потерь и агрофона (или безвозвратные потери) составляют 0.44 т/га/год (рис. 6, 7). Пространственный анализ (рис. 8) показывает, что годовой смыв в пределах допустимых потерь почв наблюдается на 60% всей территории РТ, 20% территории занимают участки, где безвозвратные потери почвы не больше 1.5 т/га. На остальной территории потенциальный смыв превышает допустимые потери почв более чем на 1.5 т/га, а 99% всех значений лежит в пределах до 10 т/га в год.

Наиболее благоприятная ситуация с точки зрения смыва почв наблюдается на низменных ландшафтах под черноземными почвами Западного Закамья, в долине р. Ик, по левобережью Волги и на юго-западе РТ. В этих районах смыв не превышает допустимые потери. Другая ситуация складывается в междуречье Волги и Свияги, в Восточном Предкамье, в бассейнах р. Вятка и Шия, по правобережью Камы и на крутых берегах рек, а также в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Годовой смыв почв с учетом агрофона здесь превышает допустимые потери более чем на 1.5 т/га в год, и здесь требуется в первую очередь проведение противоэрозионных мер.

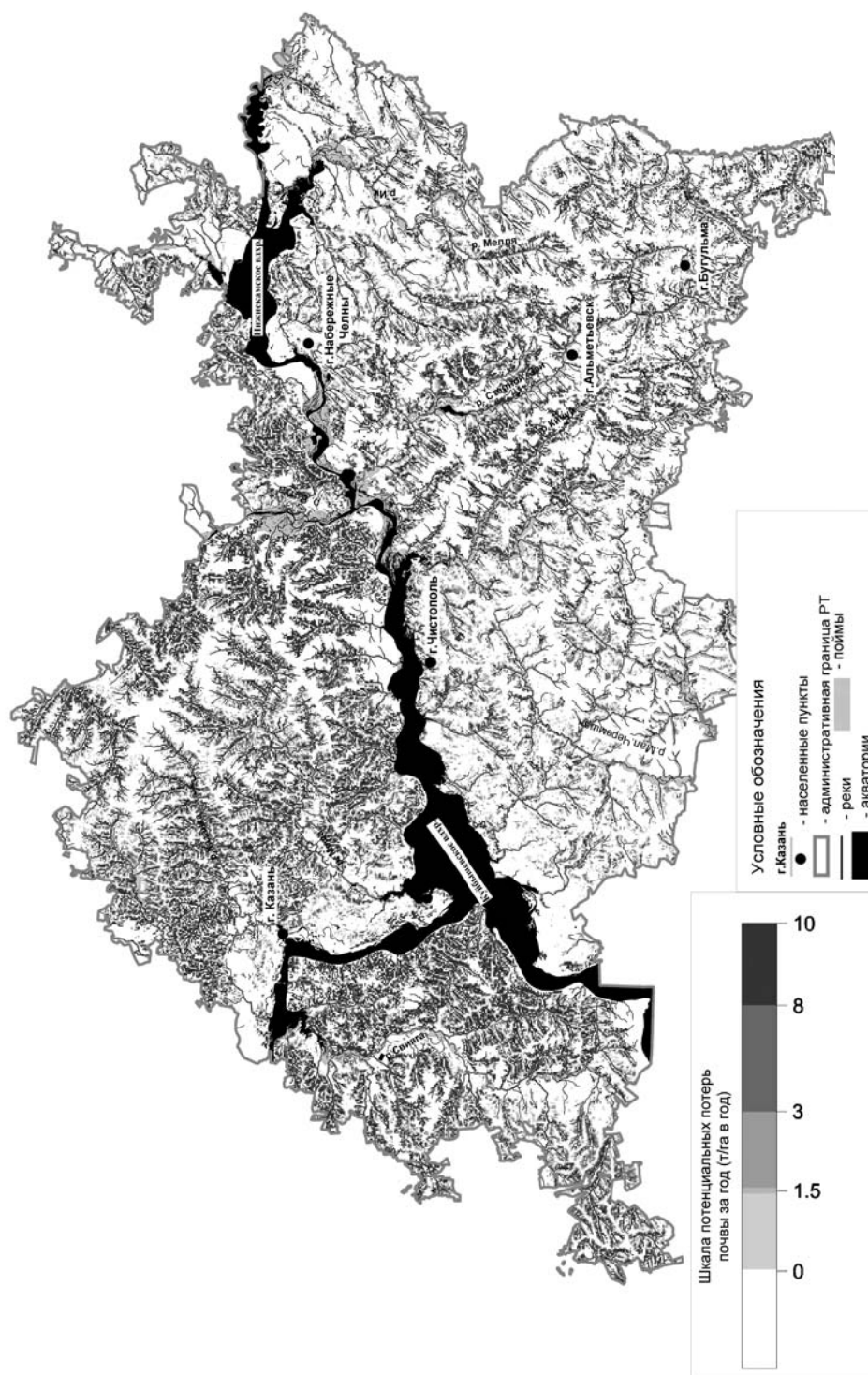


Рис. 8. Карта превышений допустимых потерь почвы (экологического риска)

Табл. 4

## Оценка противоэрозионной роли лесной растительности

Варианты расчета	Минимум, т/га/год	Максимум, т/га/год	Среднее, т/га/год
Без учета леса	0.0	39.7	10.6
С учетом леса, но без прерывания линий тока	0.0	39.7	6.5
С учетом леса, но без прерывания линий тока	0.0	39.7	5.6

Для модельной территории на примере Восточного Закамья РТ (Альметьевский район) опробована *методика оценки противоэрозионной роли лесов*. Расчетная модель учитывала реальную ситуацию, когда леса выступают в качестве прерывателей линий тока. Идентификация поясной структуры бассейновой природно-антропогенной эрозии в гумидных ландшафтах равнин умеренного пояса Земли свидетельствует о том, что лесные массивы трансформируют поясную структуру эрозии, способствуя появлению в пределах пояса линейной (промоинной) эрозии поясов со слабой эрозией (капельно-дождевой и микроручейковой) [13].

Произведенные расчеты показали, что значения минимальных и максимальных эрозионных потерь почв не изменились, но существенно уменьшился средний смыв, когда леса рассматриваются в качестве прерывателей линий тока (табл. 4).

Хорошо видно, что лес даже без учета его пространственного размещения на склонах выступает отличной защитой от эрозии почв. В случае же полного сведения лесов смыв вырастает почти вдвое и существенно превышает допустимые потери почвы.

### Заключение

Таким образом, использование ГИС-технологий позволило впервые определить эрозионные риски для почвенного покрова восточного крыла бореального экотона Русской равнины в пределах Республики Татарстан. Разработана методика пространственной оценки эрозионных потерь почвы с учетом допустимых потерь и роли лесной растительности как мощного фактора, препятствующего развитию смыва почв.

### Summary

*O.P. Yermolaev, K.A. Malcev. Erosion Risk Assessment for Soil Coverage of Forest and Forest-Steppe Landscapes of the Middle Volga by Means of GIS-Technologies.*

The article derives on the method of assessing the erosion risk for soil coverage in conditions of temperate zone flat landscapes on the basis of widely using modern informational technologies. On the qualitative level, tasks of defining the soil washout in different slope areas under the influence of melting and raining overflow have been solved with a high degree of spatial differentiation.

**Key words:** soil erosion, GIS-technologies, admissible soil loss.

### Литература

1. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. – М.: Колос, 1973. – 95 с.
2. *Ларионов Г.А.* Эрозия и дефляция почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.
3. *Литвин Л.Ф.* География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. – М.: ИКЦ Академкнига, 2002. – 255 с.
4. *Заславский М.Н.* Эрозиоведение. – М., 1983. – 375 с.
5. *Винокуров М.А., Гришин П.В.* Лесные почвы Татарии. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1962. – 72 с.
6. *Винокуров М.А.* Почвы Татарии. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1982. – 419 с.
7. *Колоскова А.В.* Агрофизическая характеристика почв Татарии. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. – 388 с.
8. *Колоскова А.В.* Гумусное состояние почв Волжско-Камской лесостепи. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1985. – 140 с.
9. *Пухачев А.П., Бухараева Л.Г.* Почвам – надежную защиту. – Казань: Тат. кн. изд-во, 1984. – 80 с.
10. *Шакиров К.Ш., Арсланов П.А.* Почвы широколиственных лесов Предволжья. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1982. – 176 с.
11. *Шакиров К.Ш.* Серые лесные почвы Татарии, их плодородие и рациональное использование. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1991. – 184 с.
12. *Мальцев К.А.* Построение цифровых моделей рельефа кубическими параболоми // Геоморфология. – 2006. – № 3. – С. 38–49.
13. *Ермолаев О.П.* Пояса эрозии в природно-антропогенных ландшафтах речных бассейнов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1992. – 150 с.
14. *Батыршина С.Ф.* Динамика снежного покрова на территории Татарстана во второй половине XX столетия: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Казань, 2005. – 22 с.
15. *Ермолаев О.П.* Эрозия в бассейновых геосистемах. – Казань: Унипресс, 2002. – 264 с.
16. Зеленая книга Республики Татарстан. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1993. – 422 с.

Поступила в редакцию  
16.03.08

---

**Ермолаев Олег Петрович** – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой ландшафтной экологии Казанского государственного университета.

E-mail: [Oleg.Yermolaev@ksu.ru](mailto:Oleg.Yermolaev@ksu.ru)

**Мальцев Кирилл Александрович** – кандидат географических наук, ассистент кафедры ландшафтной экологии Казанского государственного университета.

E-mail: [Kirill.Malcev@ksu.ru](mailto:Kirill.Malcev@ksu.ru)